

## Вариант 1

### Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из двух частей, включающих в себя 30 заданий.

В заданиях 1–4, 7, 8, 11–13 и 16 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

КИМ

Бланк

Ответ: -2,5 м/с<sup>2</sup>. -2,5

Ответом к заданиям 5, 6, 9, 10, 14, 15, 17, 18, и 20 является последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

КИМ

Бланк

Ответ:

А	Б
4	1

41

Ответом к заданию 19 являются

два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ

Ответ: (1,4 ± 0,2) Н. 1,40,2

Ответ к заданиям 21–26 включает в себя подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор.

Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой или капиллярной ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком.

**Записи в черновике, а также в тексте контрольных измерительных материалов не учитываются при оценивании работы.**

Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

После завершения работы проверьте, чтобы ответ на каждое задание в бланках ответов № 1 и № 2 был записан под правильным номером.

*Желаем успеха*

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться Вам при выполнении работы.

### Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10 <sup>9</sup>	санти	с	10 <sup>-2</sup>
мега	М	10 <sup>6</sup>	милли	м	10 <sup>-3</sup>
кило	к	10 <sup>3</sup>	микро	мк	10 <sup>-6</sup>
гекто	г	10 <sup>2</sup>	нано	н	10 <sup>-9</sup>
деци	д	10 <sup>-1</sup>	пико	п	10 <sup>-12</sup>

### Константы

число $\pi$	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
модуль заряда электрона (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

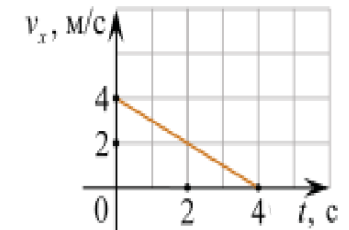
<b>Соотношения между различными единицами</b>			
температура	0 К = -273 °С		
атомная единица массы	1 а.е.м. = 1,66·10 <sup>-27</sup> кг		
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ		
1 электронвольт	1 эВ = 1,6·10 <sup>-19</sup> Дж		
<b>Масса частиц</b>			
электрона	9,1·10 <sup>-31</sup> кг ≈ 5,5·10 <sup>-4</sup> а.е.м.		
протона	1,673·10 <sup>-27</sup> кг ≈ 1,007 а.е.м.		
нейтрона	1,675·10 <sup>-27</sup> кг ≈ 1,008 а.е.м.		
<b>Плотность</b>		подсолнечного масла	
воды	1000 кг/м <sup>3</sup>	алюминия	2700 кг/м <sup>3</sup>
древесины (сосна)	400 кг/м <sup>3</sup>	железа	7800 кг/м <sup>3</sup>
керосина	800 кг/м <sup>3</sup>	ртути	13 600 кг/м <sup>3</sup>
<b>Удельная теплоёмкость</b>			
воды	4,2·10 <sup>3</sup> Дж/(кг·К)	алюминия	900 Дж/(кг·К)
льда	2,1·10 <sup>3</sup> Дж/(кг·К)	меди	380 Дж/(кг·К)
железа	460 Дж/(кг·К)	чугуна	500 Дж/(кг·К)
свинца	130 Дж/(кг·К)		
<b>Удельная теплота</b>			
парообразования воды	2,3·10 <sup>6</sup> Дж/кг		
плавления свинца	2,5·10 <sup>4</sup> Дж/кг		
плавления льда	3,3·10 <sup>5</sup> Дж/кг		
<b>Нормальные условия:</b> давление – 10 <sup>5</sup> Па, температура – 0 °С			
<b>Молярная масса</b>			
азота	28·10 <sup>-3</sup> кг/моль	гелия	4·10 <sup>-3</sup> кг/моль
аргона	40·10 <sup>-3</sup> кг/моль	кислорода	32·10 <sup>-3</sup> кг/моль
водорода	2·10 <sup>-3</sup> кг/моль	лития	6·10 <sup>-3</sup> кг/моль
воздуха	29·10 <sup>-3</sup> кг/моль	неона	20·10 <sup>-3</sup> кг/моль
воды	18·10 <sup>-3</sup> кг/моль	углекислого газа	44·10 <sup>-3</sup> кг/моль

## Часть 1

**Ответами к заданиям 1–23 являются число или последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.**

1

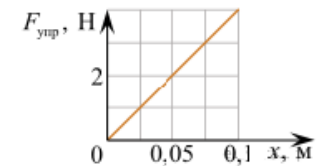
Небольшое тело движется вдоль горизонтальной оси Ох. В момент времени  $t_0=0$ с координата этого тела равна  $x_0 = 2$ м. На рисунке приведена зависимость проекции скорости этого тела на ось Ох от времени. Чему равна координата тела в момент времени  $t=4$ с?



Ответ: \_\_\_\_\_ м

2

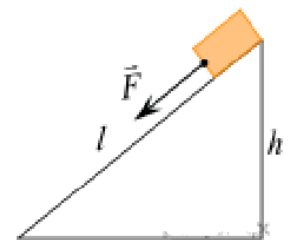
На рисунке представлен график зависимости модуля упругости пружины от ее удлинения. Каким будет удлинение этой пружины, если на ней будет неподвижно иметь висеть тело массой 0,4 кг?



Ответ: \_\_\_\_\_ м

Тело массой 3 кг под действием силы  $F$  перемещается вниз по наклонной плоскости на расстояние  $l = 5$ м. Расстояние тела от поверхности Земли при этом уменьшается на  $h = 3$ м.

Вектор силы  $F$  направлен параллельно наклонной плоскости, модуль силы  $F$  равен 20 Н. Какую работу при этом перемещении совершила сила тяжести? Ускорение свободного падения примите равным  $g = 10 \frac{м}{с^2}$ . Коэффициент трения  $\mu = 0,3$ .



Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

4

Звук грома был услышан на некотором расстоянии спустя 20 с после вспышки молнии. На каком расстоянии стоит наблюдатель, если скорость звука в воздухе равна 340 м/с.

Ответ: \_\_\_\_\_ км

5

Исследовалась зависимость удлинения пружины от массы подвешенных к ней грузов. Результаты измерений представлены в таблице.

$m$ , кг	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
$x$ , м	0	0,02	0,04	0,06	0,07	0,09

Выберите все утверждения, соответствующие результатам этих измерений.

- 1) Коэффициент упругости пружины равен 5 Н/м.
- 2) Коэффициент упругости пружины равен 50 Н/м.
- 3) При подвешенном к пружине грузе массой 150 г её удлинение составит 4 см.
- 4) С увеличением массы растяжение пружины уменьшается.
- 5) При подвешенном к пружине грузе массой 250 г её удлинение составит 5 см.

Ответ: \_\_\_\_\_

6

Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина всё время остаётся растянутой. Что происходит при этом со скоростью груза и его потенциальной энергией в поле тяжести, когда груз движется вверх от положения равновесия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

Цифры в ответе могут повторяться.

Скорость груза	Потенциальная энергия груза в поле тяжести

Ответ : \_\_\_\_\_

7

При увеличении абсолютной температуры на 600 К средняя кинетическая энергия теплового движения молекул гелия увеличилась в 4 раза. Какова начальная температура гелия?

Ответ: \_\_\_\_\_ К

8

На рисунке представлены графики двух процессов, происходящих с одним и тем же количеством идеального газа. Определите отношение работ  $\frac{A_1}{A_2}$  в этих процессах.

Ответ: \_\_\_\_\_

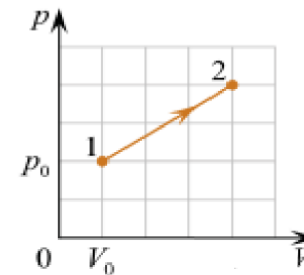


рис 1

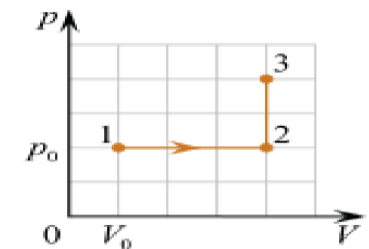
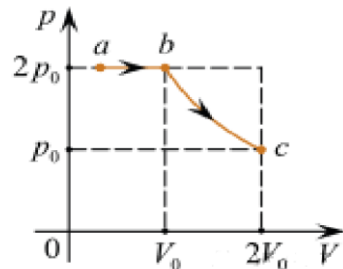


рис.2

9

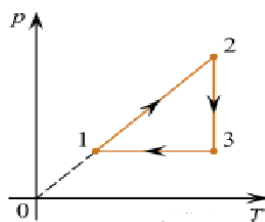
В цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится водяной пар и капля воды. С паром в сосуде при постоянной температуре провели процесс  $a \rightarrow b \rightarrow c$ ,  $pV$ -диаграмма которого представлена на рисунке. Из приведённого ниже списка выберите **все** правильные утверждения относительно проведённого процесса.

- 1) На участке  $b \rightarrow c$  масса пара уменьшается.
- 2) На участке  $a \rightarrow b$  к веществу в сосуде подводится положительное количество теплоты.
- 3) В точке  $c$  водяной пар является насыщенным.
- 4) На участке  $a \rightarrow b$  внутренняя энергия капли уменьшается.
- 5) На участке  $b \rightarrow c$  внутренняя энергия пара уменьшается.



Ответ: \_\_\_\_\_

- 10** На рисунке изображён график циклического процесса, совершаемого одним молем идеального одноатомного газа. Определите, как в процессе перехода газа из состояния 3 в состояние 1 изменяются следующие физические величины: объём газа, внутренняя энергия газа. Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:



- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

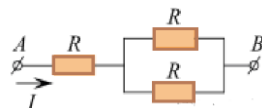
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Объём газа	Внутренняя энергия газа

Ответ:

А	Б

- 11** Через участок цепи АВ, схема которого изображена на рисунке, протекает постоянный ток. Напряжение между точками А и В равно 12 В. Все резисторы имеют одинаковое сопротивление. Чему равно сопротивление каждого



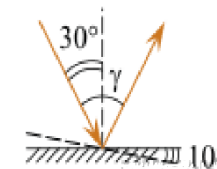
из резисторов, если за 5 с в данном участке цепи выделяется количество теплоты, равное 120 Дж?

Ответ: \_\_\_\_\_ Ом.

- 12** Протон движется по окружности в однородном магнитном поле. Во сколько раз увеличится модуль ускорения протона, если его кинетическую энергию уменьшить в 4 раза, а модуль индукции магнитного поля увеличить в 4 раза?

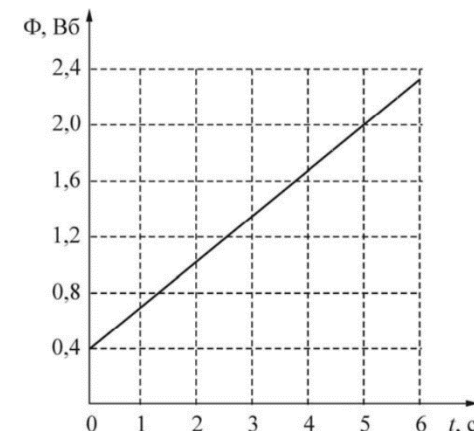
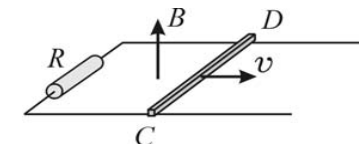
Ответ: \_\_\_\_\_

- 13** Угол падения света на горизонтальное плоское зеркало равен  $30^\circ$ . Каким будет угол образованный падающим и отражённым лучами, если, не меняя положение источника света, повернуть зеркало на  $10^\circ$  так, как показано на рисунке?



Ответ: \_\_\_\_\_°.

- 14** Медная перемычка в момент времени  $t_0 = 0$  с начинает двигаться со скоростью 2 м/с по параллельным горизонтальным проводящим рельсам, к концам которых подсоединён резистор сопротивлением 10 Ом (см. рисунок). Вся система находится в вертикальном однородном магнитном поле. Сопротивление перемычки и рельсов пренебрежимо мало, перемычка всё время расположена перпендикулярно рельсам. Поток  $\Phi$  вектора магнитной индукции через контур, образованный перемычкой, рельсами и резистором, изменяется с течением времени  $t$  так, как показано на графике



Используя график, выберите все верные утверждения и укажите в ответе их номера.

- 1) К моменту времени  $t = 5$  с изменение магнитного потока через контур равно 1,6 Вб.

- 2) Модуль ЭДС индукции, возникающей в контуре, равен 0,32 В.  
 3) Индукционный ток в переключке течёт в направлении от точки С к точке D.  
 4) Сила индукционного тока, текущего в переключке, равна 64 мА.  
 5) Для поддержания движения переключки к ней прикладывают силу, проекция которой на направление рельсов равна 5,12 мН.

Ответ: \_\_\_\_\_

- 15** В первом опыте лазерный луч красного цвета падает перпендикулярно на дифракционную решётку, содержащую 100 штрихов на 1 мм. При этом на удалённом экране наблюдают дифракционную картину. Во втором опыте проводят эксперимент с тем же лазером, заменив решётку на другую, содержащую 50 штрихов на 1 мм, и оставив угол падения лазерного луча на решётку тем же. Как изменяются во втором опыте по сравнению с первым расстояние между дифракционными максимумами второго порядка на экране и угол, под которым наблюдается первый дифракционный максимум?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается  
 2) уменьшается  
 3) не изменяется

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины.

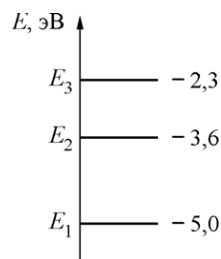
Цифры в ответе могут повторяться.

Расстояние между дифракционными максимумами второго порядка на экране	Угол, под которым наблюдается первый дифракционный максимум

Ответ: \_\_\_\_\_

- 16** Атомы некоторого газа могут находиться в трёх энергетических состояниях, энергетическая диаграмма которых показана на рисунке. Атом находится в состоянии с энергией  $E_2$ . Фотон с какой энергией может поглотить атом этого газа?

Ответ: \_\_\_\_\_ эВ.



таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**17**

Как изменятся при  $\beta^-$ -распаде массовое число ядра и его заряд?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится  
 2) уменьшится  
 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Массовое число ядра	Заряд ядра

Ответ:

А	Б

- 18** Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях.

Запишите в ответе их номера.

- 1) Сила Архимеда увеличивается с увеличением плотности тела, погружённого в жидкость.  
 2) Импульс тела — векторная величина, равная произведению массы тела на его скорость.  
 3) В процессе плавления кристаллических тел их температура остаётся неизменной.  
 4) Разноимённые полюса постоянных магнитов отталкиваются друг от друга.  
 5) Силой Лоренца называют силу, с которой магнитное поле действует на движущиеся заряженные частицы.

Ответ: \_\_\_\_\_

**19**

Для определения линейной плотности нити (массы единицы длины) отмеряют отрезок длиной  $L = 10$  м (делают это с очень высокой точностью) и взвешивают его на весах. Масса отрезка оказывается равной  $m = (12,6 \pm 0,1)$  г. Чему равна линейная плотность нити?

Ответ:  $_{-}(\text{---} \pm \text{---}) \frac{\text{г}}{\text{м}}$

**20** Необходимо при помощи маятника экспериментально определить ускорение свободного падения. Для этого школьник взял штатив с муфтой и лапкой, нить и секундомер. Какие два предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) электронные весы
- 2) алюминиевый шарик
- 3) динамометр
- 4) линейка
- 5) мензурка

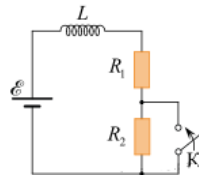
В ответ запишите номера выбранного оборудования

Ответ: \_\_\_\_\_

*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.*

### Часть 2

**21.** Катушка, обладающая индуктивностью  $L$ , соединена последовательно с источником постоянного тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и резисторами  $R_1$  и  $R_2$ , имеющими одинаковое сопротивление  $R_1 = R_2 = R$ , как показано на рисунке. В начальный момент ключ в цепи разомкнут. Как изменится сила тока в цепи и напряжение на участке цепи, содержащем резистор  $R_1$ , после замыкания ключа? Ответ поясните, опираясь на законы электродинамики. Внутренним сопротивлением источника тока и сопротивлением катушки пренебречь.

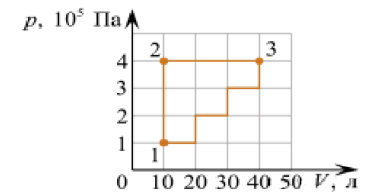


**22** Поезд отходит от станции и начинает двигаться прямолинейно равноускорено. На первом километре пути его скорость увеличилась на 10 м/с. Весь его путь составил 4 км. Найдите время разгона поезда

**23.** В большом сосуде с жёсткими стенками, закрытом подвижным поршнем, находятся воздух и насыщенный водяной пар при температуре 100 °С. Давление в сосуде равно 300 кПа. Поршень переместили, поддерживая

температуру содержимого сосуда постоянной. При этом половина водяного пара сконденсировалась. Какое давление установилось в сосуде? Ответ выразите в килопаскалях.

**24.** С одним молем идеального одноатомного газа проводят циклический процесс 1–2–3–1, изображённый на  $pV$ -диаграмме. Найдите КПД  $\eta$  этого цикла.



**25.** Плоский конденсатор, заполненный диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 7$ , имеет ёмкость  $C = 2800$  пФ и присоединён к источнику постоянного напряжения  $U$ . Диэлектрическую пластину медленно извлекают из конденсатора, не отсоединяя его от источника и совершая при этом работу  $A = 1,5$  мкДж. Чему равно  $U$ ? Потерями на трение при удалении пластины из конденсатора можно пренебречь.

**26.** Имеется недеформированная пружина длиной  $L = 30$  см и жёсткостью  $k = 30$  Н/м, груз массой  $m = 1$  кг, а также вращающийся с частотой  $\nu = 0,5$  Гц массивный диск. На каком минимальном расстоянии от центра диска можно положить на него груз, прикрепив его пружиной к центру диска, чтобы груз оставался неподвижным относительно диска? Коэффициент трения между грузом и диском  $\mu = 0,5$ . Размерами груза пренебречь. Сделайте схематический рисунок с указанием сил, действующих на груз. Какие законы Вы использовали для описания движения бруска? Обоснуйте их применимость к данному случаю.